SAFETY CODE – 25

SHORT-WAVE DIATHERMY

GUIDELINES FOR LIMITING RADIOFREQUENCY EXPOSURE

Environmental Health Directorate
Health Protection Branch

Published by Authority of the
Minister of National Health and Welfare

83-EHD-98

Également disponible en français sous le titre
Code de sécurité – 25
Diathermie à ondes courtes
Directive relative à la limitation
de l'exposition aux radiofréquences

PREFACE

This document provides guidelines for the operation of short-wave diathermy devices to minimize exposure of the operators to radiofrequency radiation emitted by these devices. These safety guidelines do not govern exposure of the patient for therapeutic purposes as prescribed by a physician. The safety guidelines are intended for instruction and guidance of persons employed in Federal Public Service departments and agencies, as well as those coming under the jurisdiction of the Canada Labour Code. The guidelines may also assist provincial autho-rities having responsi-bility for controlling the installation and use of radiation emitting devices.

The document was prepared by the Radiation Protection Bureau in cooperation with the Bureau of Medical Devices and Federal Provincial Subcommittee on Radiation Surveillance.

Interpretation and further details of the recommendations of this safety code may be obtained from the Non-Ionizing Radiation Section, Radiation Protection Bureau, Environmental Health Directorate, Health Protection Branch, Ottawa, Ontario K1A 0L2.

TABLE OF CONTENTS

		Page
1.	INTRODUCTION	1
2.	BIOLOGICAL EFFECTS OF RF EXPOSURE .	2
3.	RECOMMENDED MAXIMUM EXPOSURE LEVELS IN CANADA	7
4.	TYPICAL RF FIELDS CLOSE TO DIATHERMY DEVICES	9
5.	SAFE USE GUIDELINES – CONTROL OF OPERATOR EXPOSURE	11
	5.1 Care of Equipment	12
	5.2 Use of Equipment	14
6.	RF RADIATION MEASUREMENTS	15
	REFERENCES	18

1. INTRODUCTION

Short-wave diathermy is used in medical therapy to produce local heating in tissue through the conversion of electromagnetic energy into thermal energy. This therapeutic modality has been in use since the mid-thirties, and since 1947 has been almost exclusively conducted at 27 MHz, one of the frequencies allocated for industrial, scientific and medical uses.

A Canada-wide survey of non-ionizing radiation emitting medical devices conducted in 1977 indicated that approximately the same number of short-wave diathermy devices and ultrasonic therapy devices were in use in hospital clinics, and that there were about ten times more short-wave (27 MHz) than microwave (2.45 GHz) diathermy units in use[1,2]. Approximately the same total number of patients treated were treated by ultrasound and short-wave diathermy in all facilities (hospitals, physiotherapy, chiropractic and sports clinics).

Comprehensive measurements of the intensities of stray fields around short-wave diathermy devices[3] indicated that there is a potential for operator exposure in excess of the levels recommended by the Federal government[4].

Exposure to high intensity radiofrequency (RF) radiation can cause adverse health effects. It is essential, therefore, that such exposures be eliminated.

The purpose of these guidelines is to provide general advice to the operators of short-wave diathermy devices, that would assist them in limiting their exposure to RF radiation. Sample data on the RF field intensities for common treatments are given, and methods of measuring the exposure are described. Only a brief summary of reported biological effects is given. For a more comprehensive review other publications should be consulted[5-8].

2. BIOLOGICAL EFFECTS OF RF EXPOSURE

Electromagnetic radiation at the frequency of operation of short-wave diathermy (27 MHz) is known to produce various biological effects. The interactions and the biological effects produced at this frequency are not in any way frequency specific [7], and a broader base including the effects of other radiofrequencies should be considered. As a matter of fact, exposure of a human being at 27 MHz is well modelled in terms of expected biological effects by exposure of a small rodent to a much higher frequency, following the rules of physical scaling [9]. Exposure to RF radiation can result in effects that are benign, beneficial (e.g., short-wave diathermy treatment) or potentially harmful. The brief review that follows is limited to effects that are potentially harmful, and against which protection is sought through adherence to exposure standards.

The interaction of RF and microwave radiation with living systems, including human beings, is a complex function of many parameters. Biological responses are due to the electromagnetic fields inside the biological body rather than to the external fields. The electrical properties (permittivity) of the living system and its geometry determine the amount of radiation reflected, transmitted and absorbed for a given exposure field. The exposure field is characterized by the frequency, intensity, polarization (direction) and type e.g., a plane wave, a fringe (leakage) field, the near-field of a radiator.

The interactions of RF fields with living systems can be considered on a macroscopic or microscopic (molecular, cellular) level. On the molecular level, two basic mechanisms govern the interactions. These are space charge polarization at lower RF frequencies and field-induced rotation of polar molecules at higher RF and microwave frequencies [5]. The space charge polarization is due to travelling charge carriers, i.e., ions whole movement is affected by the applied field. Polar molecules i.e., molecules having an uneven spatial distribution of charges, such as water and proteins, experience a torque when placed in an electric field. Both of these mechanisms are of a relaxation character. In moderate fields only a

relatively small number of charges or molecules is actually affected by the field (moved toward, or aligned with, the direction of the applied field). The movements are hindered by the thermal motion of molecules and charges, and the kinetic energy undergoes a conversion into the thermal energy. In these interactions the electromagnetic energy is converted into kinetic energy of molecules, and subsequently converted into thermal energy.

Quite a different mechanism underlies some specific inter-actions of extremely low frequencies (ELF) (below 100 Hz) and RF fields amplitude modulated at ELF frequencies(7), e.g., changes in calcium efflux. The fact that these interactions occur is well established, but their mechanisms are still not fully understood. These interactions are very sensitive to the frequency (ELF) and amplitude of the exposure field, as well as other variables, e.g., species [7].

Quite apart from the interaction mechanisms involved, biological effects are related to the intensities of the fields within the living body, not to the external intensity of an exposure field. The internal fields are a complex function of exposure conditions and other parameters. The internal fields are frequently described in terms of the specific absorption rate (SAR) which expresses the rate of energy absorption (e.g., at a given location, or averaged over the whole body) and is proportional to the square of the internal electric field intensity. The proportionality constant depends on the electrical properties of the tissue. The average SAR for a while body, far-field (far away from the radiator) exposure depends on the field frequency, intensity, direction, subject-to-source configuration, subject's size and shape, and presence of other objects particularly metal objects in the immediate vicinity. There are no simple methods of directly measuring the average SAR, but its approximate value can be calculated (it can be measured for animals, but the test animal has to be sacrificed). When exposure occurs in the far-field (plane-wave propagation), it has been shown [5], that for a given size and shape of a biological body, there is a frequency at which maximum amount of RF power is absorbed in the exposed body (Figure 1). This frequency is called the resonant frequency.

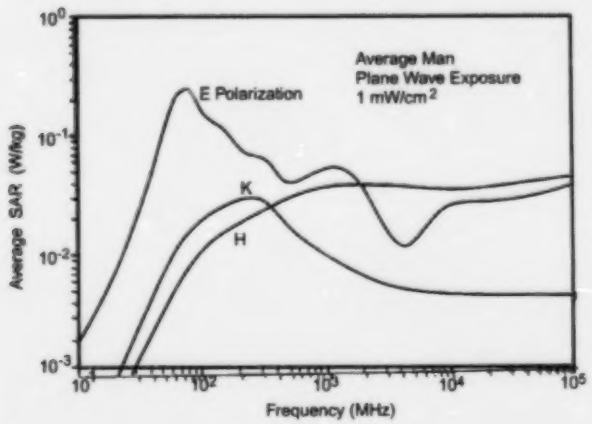

Figure 1 – Average specific absorption rate for an average man exposed to 1 mW/cm^2 plane wave. E polarization denotes the electric field parallel to the body, H denotes the magnetic field parallel to the body and K denotes the wave moving from head to toes or toes to head.

Not only does the maximum absorption occur at this frequency, but in a range of frequencies around it the distribution of the absorbed power in the body is highly nonuniform. Increased absorption occurs in various places inside the body, resulting in so-called "hot spots". For human beings maximum energy absorption takes place between 30 and 100 MHz, depending on the body size and the environment. For an average man isolated from ground the frequency of the maximum absorption is about 80 MHz. For small experimental animals this frequency is much higher, e.g., for a rat, 900 MHz, for a mouse, 2000 MHz.

Very little is known about the average SAR and the SAR distribution for partial-body exposures close to the radiation source, such as may be the case for operator exposures in short-wave diathermy leakage fields. Calculations and experiments for other, not entirely dissimilar exposures, indicate that the whole-body average SAR for exposures in the near-field is less than the whole-body average SAR for exposures of the equivalent intensity in the far-field. The nonuniformity of SAR distribution is certainly further accentuated in partial-body exposures.

Biological effects of RF exposure have been investigated in various animals. There appears to be a consensus among scientists that the great majority of the effects of exposure to RF and microwave radiation, excepting those resulting from ELF modulated fields, are thermal in nature. This statement, however, should not be taken simplistically. The effects of RF induced heating are significantly different from the effects caused by other modalities of heating. Three distinctive features of RF and microwave induced heating are: various depths of penetration, the existence of internal "hot spots" and the rapidity of heating. The induction of nonuniformities in the temperature of various parts of the brain may cause alterations whole extent and implications have not yet been fully recognized.

The thermogenic effects of RF or microwave energy have been well documented and recently summarized [10]: (a) biological effects due to thermoregulatory response occur when an animal is thermally loaded at a rate equal to its basal metabolic rate (BMR);

(b) numerous behavioral and endocrine effects, and cardiac and respiratory changes for SARs below the BMR, are manifestations of physiological responses to mild thermal stress; (c) the thermal stress resulting from about twice the BMR, when maintained over long periods of time, leads to significant physiological effects and (d) the responses to thermal load from pulsed fields appear to be the same as the responses to cw fields of the same average power.

The effects on two organs, the eye and the gonads, that are particularly susceptible to heat, have been extensively investigated[5]. Microwave radiation at frequencies above 800 MHz can produce injury to the eye. The type of injury depends on the frequency, e.g., millimetre waves can produce keratitis. Cataracts develop after a sufficiently long exposure to power densities above 100 mW/cm^2. The effects on the testes result from high intensity fields and thermal injury.

Studies to investigate whether microwaves produce genetic effects have been performed on bacteria, flies, various plant and animal cells and tissue cultures. The results of the studies did not yield any reliable or systematic evidence that RF or microwaves can induce any mutation in living systems other than through induction of heat; it is known that the rate of induction of mutations increases with increasing temperature.

Studies of effects of RF exposure on mammalian teratogenesis indicate that there is a dose-response relation between the effects and the absorbed dose. Only intense fields that result in significant heating are associated with a reliable induction of teratogenesis.

No cardiovascular disturbances occur as the result of exposure to electromagnetic fields at relatively low levels (below 10 mW/cm^2). Some cardiovascular responses may result from the effects on the nervous system.

The effects of RF and microwave exposure on the central nervous system and on behaviour have been the most controversial subject in the field of biological effects of microwave radiation. In the USSR and some Eastern European countries it was asserted that

exposure to low-level radiation (frequently referred to as "athermal") resulted in reversible neurasthenic disorders [5,6]. These observations have not been confirmed by the Western researchers. It has been clearly shown, however, that RF exposure can disrupt animal behaviour. The threshold value of the SAR for the effect has been established. Recent studies of possible synergistic effects of RF exposure and various drugs have produced a highly inconsistent picture, with synergy for some drugs, a weakening effect for others or no interrelation.

Most of the aforementioned biological effects (except cataracts) can be caused by exposure of humans to 27 MHz, when the radiation is of sufficient intensity and duration.

These and numerous other biological effects together with their biophysical basis have been considered in establishing protection standards[5,8,10]. Analysis of the scientific data base and criteria used in establishing the Canadian recommendation are given elsewhere[5].

3. RECOMMENDED MAXIMUM EXPOSURE LEVELS IN CANADA

Short-wave diathermy devices operate predominantly at a frequency of 27 MHz. The maximum levels recommended by Safety Code - 6[4] for "occupational exposure" of workers in federal establishments at these frequencies are as follows:

(i) For whole- or partial-body exposure (including extremities – hands and arms, feet and legs) averaged over a one-minute period

(rms) electric field intensity	300 V/m
(rms) magnetic field intensity	0.8 A/m
power density	25 mW/cm^2

(ii) For whole- or partial-body exposure excluding extremities averaged over a one-hour period

(rms) electric field intensity	60 V/m
(rms) magnetic field intensity	0.16A/m
power density	1 mW/cm^2

(iii) For a whole- or partial-body exposure (excluding extremities) for periods of exposure longer than 1 minute, but shorter than 1 hour, the maximum time, t (minutes), that a person can be exposed to the field must not exceed

$$t = 60/W,$$

where W (mW/cm^2) is the equivalent plane-wave power density. The equivalent plane-wave power density corresponding to the electric field intensity E (V/m) and the magnetic field intensity H (A/m) is:

$$W = E^2/3770,$$
$$W = 37.7\ H^2$$

(iv) For exposure of the extremities averaged over a one-hour period

(rms) electric field intensity	200 V/m
(rms) magnetic field intensity	0.5 A/m
power density	10 mW/cm^2

(v) For exposure of the extremities for periods longer than 1 minute, but shorter than 1 hour, the maximum time, t (minutes), that extremities can be exposed to the field must not exceed

$$t = 600/W$$

where W (mW/cm^2) is the equivalent plane-wave power density.

4. TYPICAL RF FIELDS CLOSE TO DIATHERMY DEVICES

There is some variety in designs of short-wave diathermy devices, and probably more diversified designs will be introduced in the future, however, certain common features can be distinguished. A diathermy device consists of an applicator, RF generator, and control console. The applicator, also called an electrode, applies RF energy to a certain portion of a patient's body. The RF generator is usually housed in the control console, although there are designs where it is incorporated into the applicator. RF power is delivered from the generator to the applicator by two cables forming an unshielded two-wire transmission line.

Two basic types of electrodes (applicators) are in use, the capacitor-type and the inductor-type such as a "pancake" coil or diplode. The heating mechanism and profile are somewhat different for the two types[11]. In the case of capacitive electrodes, tissue heating is basically due to the RF electric field, while for inductive electrodes (coils), heating occurs by eddy currents induced in tissue by the magnetic field. The other field is also present, but at a much lower intensity.

The stray fields close to the applicator, but outside the treatment area, are relatively strong and highly irregular [3,12]. High intensity fields are also produced near the cables. The radiation field close to the short-wave diathermy applicator is of the near-field type, so that the intensities of the electric and magnetic field are not at a constant ratio of 377 as they are for the far-field. There is no simple formula to predict the intensities of stray fields, except that the higher the power setting the stronger they are, if all other parameters (e.g., electrode placement) remain unchanged.

The typical range of intensities of the stray electric and magnetic fields around the diathermy cables is shown in Figure 2.

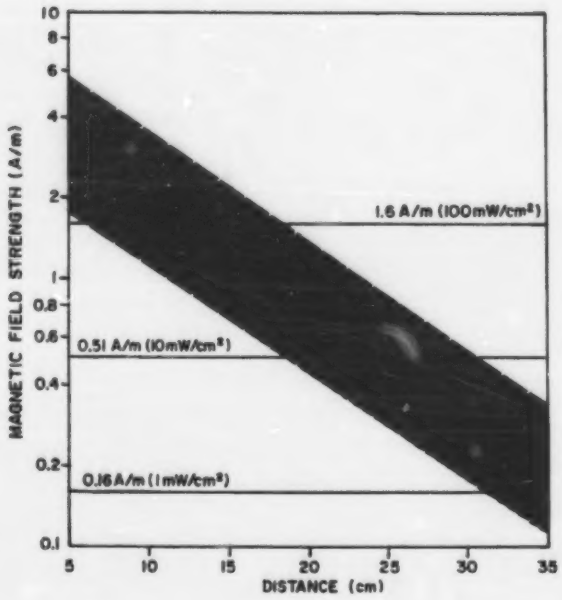

Figure 2a – The range (shaded area) of the magnetic field intensities around cables of the short-wave diathermy device for various types of electrodes and typical power settings.

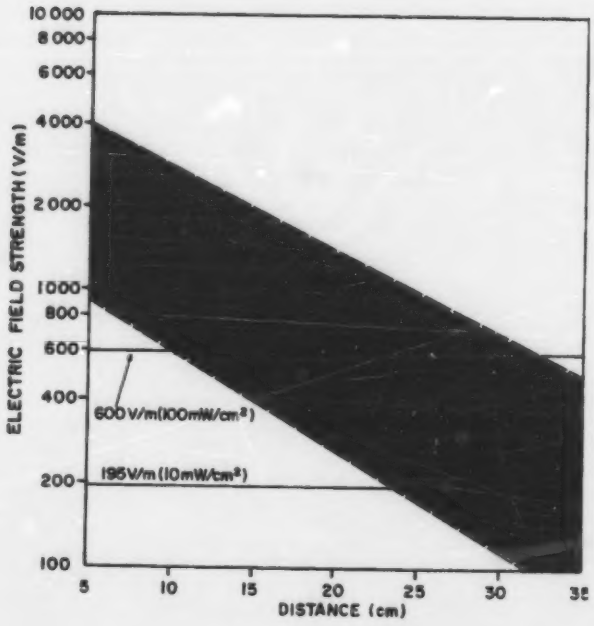

Figure 2b – The range (shaded area) of the electric field intensities around cables of the short-wave diathermy device for various types of electrodes and typical power settings.

The intensities of the fields around the electrodes depend on the electrode type and design, power setting, part of patient being treated, and placement of the electrode over the area being treated. The intensity decreases with distance away from the electrodes. The intensities are always highest in the plane of the applicator and are less above and below this plane for a given distance. However, disturbances to the stray field pattern can be introduced by large metal objects, e.g., a metal bed. In most treatment protocols, for properly placed electrodes, the intensities of the fields drop to below an equivalent power density of 1 mW/cm^2 at a distance of less than 1m[3,12]. A significant departure was observed for the treatment configuration shown in Figure 3, where fields with an equivalent power density of 10 mW/cm^2 extended to 1 m from the electrodes.

5. SAFE USE GUIDELINES – CONTROL OF OPERATOR EXPOSURE

The recommendations provided here address only those aspects of safe use that are specific to radiofrequency (RF) exposure from short-wave diathermy devices, and do not deal with electrical safety rules. The recommendations are aimed at keeping the operator exposure to RF within the limits recommended in Canada.

5.1 Care of Equipment

(a) Short-wave diathermy devices should be thoroughly examined at least yearly to ensure that all the parts are in good working order. Particular care should be taken to ensure that cables and electrodes are not cracked or burned, and the hinges of the applicator (electrode) support are working properly.

(b) The operation of electrodes should only be tested when they are placed over a tissue phantom such as a plastic container with physiological solution. Power must not be switched to the electrodes unless they are properly applied to a patient or the tissue phantom.

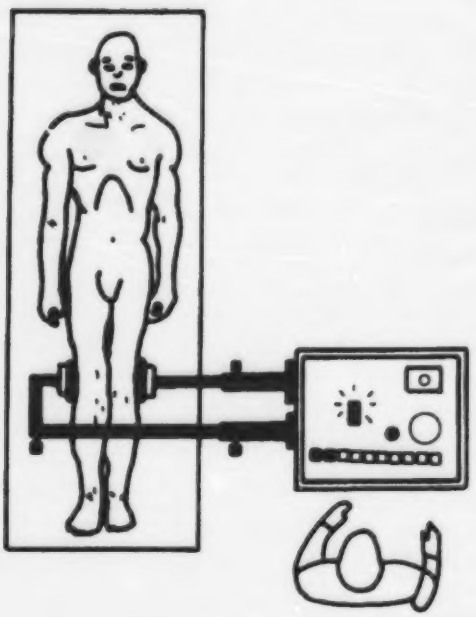

Figure 3 – The diathermy treatment configuration producing high intensity stray fields.

(c) Manufacturer's instructions on equipment care should be followed, and whenever there are any doubts whether the device operates properly, a qualified person should be called in to test the device.

5.2 Use of Equipment

Operators of short-wave diathermy devices should minimize potential exposure to RF radiation. To maintain exposures within the recommendations of the Federal government:

(a) Short-wave diathermy devices should be used only for treatments prescribed by a physician.

(b) The electrodes should be carefully placed over the treatment area. Minimizing the gaps between the electrodes and patient or towels helps to limit stray RF radiation.

(c) The RF power should be turned on only after the electrodes are in place.

(d) The operator should remain at least 1 m from the electrodes and 0.5 m from the cables during the treatment. Short duration excursions closer to the electrodes or cables are permitted, but only when necessary.

(e) No metal beds or chairs should be used during short-wave diathermy treatments. Other large metal objects should be kept at least 3 m from the electrodes and cables, when the short-wave device is in operation.

Care must be taken to ensure that the patient does not receive any unnecessary exposure to tissues other than those prescribed for treatment. To minimize such exposure:

(a) The applicator should be carefully placed to conform to the treated area as closely as possible.

(b) The cables leading to the applicator should not be placed in the vicinity of the patient's nonprescribed tissue.

(c) A patient-operated safety switch should always be operational, so that the patient can terminate the treatment.

(d) The patient should remove all metal objects.

If the patient has metal or other implants which may interact with RF energy, the physician must be aware of this before prescribing the treatment. Unless specifically recommended by the patient's physician after risk benefit considerations, the patient with implants must not be treated by short-wave diathermy.

(e) Patients with cardiac pacemakers should only be treated if recommended by their physician. The diathermy operator should remain in the treatment room or be able to observe the patient during the whole treatment duration.

(g) No pregnant patient should receive short-wave diathermy treatment in any area of the body which is likely to result in exposure of the fetus.

To avoid fire hazard, cables and electrodes should be kept away from flammable materials, as stray RF fields can heat such synthetic materials as nylon, polyvinyl chloride (PVC), polyethylene terephthalate (PET) and combinations of cotton with synthetics. Further information concerning thermal hazards associated with short-wave diathermy devices can be obtained from the Bureau of Medical Devices, Environmental Health Directorate, Health Protection Branch, Ottawa, Ontario K1A 0L2.

Short-wave diathermy devices should only be operated by a qualified nurse, medical practitioner or physiotherapist who has taken a course in the use of such devices.

6. RF RADIATION MEASUREMENTS

The need to measure stray RF fields around a short-wave diathermy device may arise when new electrodes or even complete devices are introduced, especially when the devices operate at high

power (above 500 W). For instance, some RF diathermy devices used for cancer treatment operate at such high powers, and the design of the applicators may be such that intense stray fields are produced at greater distances [13]. In such cases, an RF survey should be carried out to determine a safe working distance for the operator.

The following general recommendations on RF radiation surveys should be followed:

(a) The electrode should be positioned over a test treatment area of an appropriate phantom, e.g., a manikin filled with saline solution, or a patient receiving a prescribed treatment.

(b) If an output power indicator is provided, a low power setting should be used and the measurement results extrapolated to higher power settings assuming the power setting control operates linearly. For instance, if for a power setting of 100 W the electric field intensity at 1 m from the applicator is 15 V/m, and the treatment power setting is 400 W, then the electric field intensity at 1 m will be $\sqrt{\frac{400}{100}}\ 15 = 30$ V/m. (This level should be compared with the recommended maximum exposure of 60 V/m. In this case the operator is within safe limits at a distance of 1 m from the applicator).

(c) When an RF survey is performed, the electric and the magnetic field should be measures and their intensities compared against the standard.

(d) Instruments having isotropic sensing elements should be used for RF surveys, as the field direction is not known. Examples of suitable instruments include*: for the electric field, Holaday,

* This does not constitute a statement of an official recommendation or endorsement of the products mentioned.

model HI3001, HI3002, HI3004, Narda, model 8609, for the magnetic field, Holaday, model HI-3002, Narda, model 8602, 8603, 8607 or 8608 with probe 8631 or 8633, or model 8609.

(e) The measurements should be done in the plane of the applicator and the plane of the cables.

REFERENCES

1. "Canada-wide Survey of Non-Ionizing Radiation Emitting Medical Devices. Part I. Short-wave and Microwave Devices", 1980, Environmental Health Directorate, Health and Welfare Canada Publication 80-EHD-52.

2. "Canada-wide Survey of Non-Ionizing Radiation Emitting Medical Devices. Part II. Ultrasound Devices", 1980, Environmental Health Directorate, Health and Welfare Canada Publication 80-EHD-53.

3. M.A. Stuchly, M.H. Repacholi, D.W. Lecuyer and R.D. Mann, 1982. "Exposure to the Operator and Patient during Short Wave Diathermy Treatments". Health Physics, 41, 341-366.

4. Safety Code-6, 1979, "Recommended Safety Procedures for the Installation and Use of Radiofrequency and Microwave Devices in the Frequency Range 10 MHz -300 GHz. Health and Welfare Canada Publication 79-EHD-30.

5. "Health Aspects of Radiofrequency and Microwave Radiation Exposure, Parts I and II", 1977, 1978, Environmental Health Document, Health and Welfare Canada, Environmental Health Directorate Publication 77-EHD-13, and 78-EHD-22.

6. "The Biological Effects of Radiofrequency and Microwave Radiation", 1979, Publication No. NRCC 16488 of the Environmental Secretariat, National Research Council of Canada.

7. W.R. Adey, 1981. "Tissue Interactions with Nonionizing Electromagnetic Fields". Physiol. Rev., 61, 435-513.

8. M.A. Stuchly, 1982. "Medical Use of Non-Ionizing Electromagnetic Waves in Radio and Hyperfrequency Range: Hazards and Standards", in Biomedical Thermology, M. Gauthene and E. Albert, eds., Alan R. Liss, Inc., 851-865.

9. S.M. Michaelson, 1980. "Microwave Biological Effects: An Overview", Proc. IEEE, 68, 40-49.

10. R.A. Tell and F. Harlen, 1979, "A Preview of Selected Biological Effects and Dosimetric Data Useful for Development of Radiofrequency Safety Standards for Human Exposure". J. Microwave Power, 14, 405-424.

11. A.W. Guy, J.F. Lehmann and J.B. Stonebridge, 1974, "Therapeutic Applications of Electromagnetic Power", Proc. IEEE, 62, 55-75.

12. P.S. Ruggera, 1980. "Measurements of Emission Levels During Microwave and Short-wave Diathermy Treatments", U.S. Dept. of Health and Human Services Publication (FDA) 80-8119.

13. M.A. Stuchly, M.H. Repacholi, and D.W. Lecuyer, 1983. "Operator Exposure to Radiofrequency Fields near a Hyperthermia Device". Health Physics, 43.

CODE DE SÉCURITÉ - 25

DIATHERMIE À ONDES COURTES

DIRECTIVE RELATIVE À LA LIMITATION DE L'EXPOSITION AUX RADIOFRÉQUENCES

Direction de l'hygiène du milieu
Direction générale de la protection de la santé

Publication autorisée par
le ministre de la Santé nationale et du Bien-être social

83-DHM-98

Also available in English under the title
Safety code - 25 Short-Wave Diathermy
Guidelines for Limiting Radiofrequency Exposure

PRÉFACE

Ce document contient une directive concernant l'utilisation des dispositifs pour diathermie à ondes courtes, dans le but de limiter l'exposition des opérateurs au rayonnement radiofréquence émis par ces dispositifs. Cette directive de sécurité ne régit pas l'exposition d'un patient à des fins thérapeutiques, conformément aux prescriptions d'un médecin. Elle vise à renseigner et guider le personnel des ministères et organismes de la Fonction publique fédérale, ainsi que les personnes assujetties au Code du travail du Canada. Elle peut également servir aux autorités provinciales responsables de la réglementation de l'installation et de l'utilisation des dispositifs émettant des radiations.

Le document a été rédigé par le Bureau de la radioprotection avec la collaboration du Bureau des instruments médicaux et du sous-comité fédéral-provincial sur la surveillance des radiations.

Les questions concernant l'interprétation du texte et les demandes de renseignements supplémentaires sur les recommandations du présent code de sécurité, doivent être adressées à la Section des rayonnements non ionisants, Bureau de la radioprotection, Direction de l'hygiène du milieu, Direction générale de la protection de la santé, Ottawa (Ontario) K1A 0L2.

TABLE DES MATIÈRES

		Page
1.	INTRODUCTION	1
2.	EFFETS BIOLOGIQUES DE L'EXPOSITION AUX RADIOFRÉQUENCES	2
3.	NIVEAUX D'EXPOSITION MAXIMAUX RECOMMANDÉS AUX CANADA	8
4.	CHAMPS RADIOFRÉQUENCE TYPES À PROXIMITÉ DES DISPOSSITIFS DE DIATHERMIE	10
5.	DIRECTIVE DE SÉCURITÉ – LIMITATION DE L'EXPOSITION DES OPÉRATEURS	15
	5.1 Entretien du matériel	15
	5.2 Utilisation du matériel	15
6.	MESURES DU RAYONNEMENT RADIOFRÉQUENCE	17
RÉFÉRENCES		20

1. INTRODUCTION

La diathermie à ondes courtes est utilisée en thérapeutique pour provoquer un réchauffement ponctuel des tissus, par la transformation de l'énergie électromagnétique en énergie thermique. Ce type de thérapie est utilisé depuis le milieu des années 30 et, depuis 1947, il exploite presque exclusivement la fréquence de 27 MHz, une des fréquences réservées aux utilisations industrielles, scientifiques et médicales.

En 1977, un sondage canadien sur les dispositifs médicaux émettant un rayonnement non ionisant, réalisé à l'échelle nationale, révélait qu'un nombre à peu près égal de dispositifs de diathermie à ondes courtes et de dispositifs d'ultrasonothérapie était utilisé dans les cliniques des hôpitaux, et qu'environ 10 fois plus de dispositifs à ondes courtes (27 MHz) que de dispositifs à micro-ondes (2,45 GHz) étaient en usage en diathermie[1,2]. Un nombre à peu près égal de patients était traité par ultrasons et par diathermie à ondes courtes dans l'ensemble des établissements (hôpitaux, physiothérapie, cliniques de chiropractie et de médecine sportive).

Des mesures exhaustives de l'intensité des champs parasites autour des dispositifs de diathermie à ondes courtes[3] ont révélé la possibilité qu'un opérateur soit exposé à des niveaux supérieurs aux niveaux recommandés par le gouvernement fédéral[4].

L'exposition à un rayonnement radiofréquence d'intensité élevée peut être nuisible à la santé. Il est essentiel, par conséquent, que de telles expositions soient évitées.

Le but de la directive est de fournir des conseils d'ordre général aux opérateurs des dispositifs de diathermie à ondes courtes, afin de leur permettre de limiter leur exposition au rayonnement radiofréquence. Des données types relatives à l'intensité des champs radiofréquence produits lors de traitements courants sont fournies

et des méthodes de mesure de l'exposition sont décrites. Un court résumé des effets biologiques observés est aussi fourni. Pour obtenir un aperçu plus complet de la situation, d'autres publications devraient être consultées [5-8].

2. EFFETS BIOLOGIQUES DE L'EXPOSITION AUX RADIOFRÉQUENCES

Le rayonnement électromagnétique dont la fréquence correspond à la fréquence de fonctionnement des dispositifs de diathermie à ondes courtes (27 MHz), provoque, on le sait, divers effets biologiques. Puisque les interactions et les effets biologiques produits à cette fréquence ne dépendent d'aucune façon de la fréquence proprement dite[7], une quantité de données plus grande, notamment sur les effets observés aux autres radiofréquences, doit être prise en considération. De fait, l'exposition d'un être humain à une fréquence de 27 MHz est bien simulée, pour ce qui concerne les effets biologiques attendus, par l'exposition d'un petit rongeur à une fréquence très supérieure, conformément aux règles de l'échelle physique[9]. L'exposition au rayonnement radiofréquence peut produire des effets qui peuvent être bénins, bénéfiques (par exemple, la diathermie à ondes courtes) ou nocifs. Le bref examen qui suit se limite aux effets qui peuvent être nocifs, et contre lesquels une protecion est recherchée grâce au respect des normes relatives à l'exposition.

L'interaction du rayonnement radiofréquence et micro-onde et des systèmes vivants, y compris les êtres humains, est une fonction complexe de plusieurs paramètres.Les réactions biologiques sont attribuables aux champs électromagnétiques qui existent à l'intérieur du corps biologique; plutôt qu'aux champs externes. Les propriétés électriques (la permittivité) du système vivant, ainsi que sa forme, déterminent la quantité de rayonnement réfléchi, transmis et absorbé pour un champ d'exposition donné. Le champ d'exposition est défini par la fréquence, l'intensité, la polarisation (la direction) et le type d'onde, par exemple une onde plane, un champ de fuite, le champ proche d'un radiateur.

L'interaction des champs radiofréquence et des systèmes vivants peut être étudiée à l'échelle macroscopique ou microscopique (moléculaire, cellulaire). À l'échelle moléculaire, deux mécanismes fondamentaux régissent l'interaction : la polarisation des charges d'espace aux radiofréquences inférieures et la rotation des molécules polaires aux radiofréquences et aux micro-ondes, sous l'effet d'un champ[5]. La polarisation des charges d'espace est imputable à des porteurs de charges mobiles, par exemple des ions, dont le mouvement est influencé par le champ appliqué. Les molécules polaires, c'est-à-dire les molécules dont les charges sont distribuées dans l'espace de manière non uniforme, comme l'eau et les protéines, sont soumises à un couple lorsqu'elles sont placées dans un champ électrique. Ces deux mécanismes ont un caractère de relaxation. Dans les champs d'intensité modérée, seul un petit nombre (relativement) de charges ou de molécules est réellement influencé par le champ (c'est-à-dire, elles s'orientent ou se dirigent dans la direction du champ appliqué). Les déplacements sont inhibés par le mouvement thermique des molécules et des charges, et l'énergie cinétique subit une transformation en énergie thermique. Dans ces interactions, l'énergie électromagnétique est d'abord transformée en énergie cinétique des molécules, puis en énergie thermique.

Un mécanisme très différent intervient dans certaines réactions à des fréquences extrêmement basses (inférieures à 100 Hz) et à des champs radiofréquence modulés en amplitude à des fréquences extrêmement basses[7] : il s'agit de changements dans la migration du calcium. L'existence de ces réactions a été démontrée, mais le mécanisme qui les gouverne n'est pas entièrement compris. Ces réactions sont très sensibles à la fréquence (fréquence très basse) et à l'amplitude du champ d'exposition, ainsi qu'à d'autres variables, par exemple, l'espèce[7].

Indépendamment des mécanismes d'interaction en cause, les effets biologiques sont liés à l'intensité des champs à l'intérieur du corps vivant et non à l'intensité externe du champ d'exposition. Les champs internes sont une fonction complexe de conditions d'exposition et d'autres paramètres. On décrit souvent les champs internes en faisant allusion au taux d'absorption spécifique (TAS), qui

exprime le taux d'absorption d'énergie (par exemple, en un endroit donné, ou moyenné sur l'ensemble du corps) et est proportionnel au carré de l'intensité du champ électrique interne. La constante de proportionnalité dépend des caractéristiques électriques des tissus. Le TAS moyen pour une exposition, dans un champ éloigné (loin de la source de rayonnement), d'un corps entier, dépend de la fréquence du champ, de son intensité, de sa direction, de la configuration sujet-source, de la taille et de la forme du sujet, et de la présence d'autres objets, notamment des objets métalliques, dans le voisinage immédiat. Il n'existe pas de méthode simple permettant de mesurer directement le TAS moyen, mais sa valeur approximative peut être calculée (elle peut être mesurée pour les animaux, mais l'animal en cause doit être sacrifié). Lorsque l'exposition se produit dans un champ éloigné (propagation d'ondes planes), il a été démontré[5] que, pour une taille et une forme données d'un corps biologique, il existe une fréquence à laquelle une quantité maximale de puissance radiofréquence est absorbée dans le corps exposé (Figure 1). Cette fréquence est désignée fréquence de résonance. Non seulement l'absorption maximale se produit-elle à cette fréquence, mais elle déborde sur une gamme de fréquences qui l'entoure. La répartition de la puissance abosrbée dans le corps est loin d'être uniforme. L'absorption est plus importante en divers endroits à l'intérieur du corps, ce qui provoque ce qu'on appelle des "points chauds". Pour les êtres humains, l'absorption maximale d'énergie prend place aux fréquences entre 30 et 100 MHz, selon la taille du corps et le milieu. Pour un homme moyen isolé du sol, la fréquence d'absorption maximale est d'environ 80 MHz. Pour les petits animaux de laboratoire, cette fréquence est beaucoup plus élevée, par exemple, pour le rat, 900 MHz et pour la souris, 2000 MHz.

On sait très peu de chose sur le TAS moyen et sur la répartition du TAS dans les cas d'exposition partielle d'un corps situé à proximité de la source de rayonnement, comme cela peut être le cas pour l'exposition d'un opérateur à des champs de fuite lors de l'utilisation de dispositifs de diathermie à ondes courtes. Des calculs et des expériences portant sur des expositions similaires indiquent que le TAS moyen pour l'ensemble du corps, pour les expositions dans le champ proche, est inférieur au TAS moyen pour l'ensemble du corps

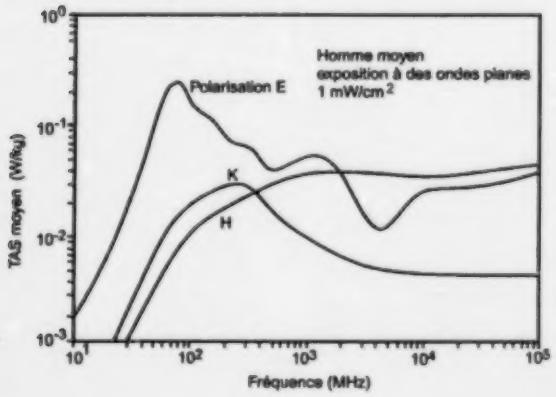

Figure 1 – Taux d'absorption spécifique moyen pour un homme moyen exposé à des ondes planes à 1 mW/cm^2. La polarisation E désigne le champ électrique parallèle au corps, H désigne le champ magnétique parallèle au corps et K désigne l'onde se déplaçant de la tête aux pieds ou vice versa.

dans le cas des expositions d'intensité équivalente dans le champ éloigné. Le manque d'uniformité de la répartition du TAS est certainement accentué dans les expositions partielles d'un corps.

Les effets biologiques d'une exposition aux radiofréquences ont été étudiés chez divers animaux. Les chercheurs semblent être d'accord sur un point : la grande majorité des effets d'une exposition aux radiofréquences et aux micro-ondes, àl'exception des effets d'une exposition à des champs modulés à très basse fréquence, est de nature thermique. Cette affirmation, cependant, ne doit pas être prise de façon simpliste. Les effets du réchauffement produit par des radiofréquences diffèrent nettement des effets causés par d'autres types de réchauffement. Le réchauffement provoqué par les radiofréquences et les micro-ondes a trois caractéristiques particulières : la variation de la profondeur de pénétration, l'existence de "points chauds" internes et la rapidité de réchauffement. L'introduction de variations ponctuelles de la température de diverses parties du cerveau peut provoquer des changements dont l'étendue et les conséquences ne sont pas encore bien connues.

Les effets thermogènes de l'énergie sous forme de radiofréquence ou de micro-ondes, ont été démontrés et récemment résumés[10] : a) des effets biologiques dus à une réaction thermorégulatrice se produisent lorsqu'un animal est soumis à une charge thermique égale à son métabolisme basal (MB), b) de nombreux effets comportementaux et endocriniens, ainsi que des changements cardiaques et respiratoires pour des TAS en deçà du MB, sont des manifestations de réactions physiologiques à une légère contrainte thermique, c) la contrainte thermique que constitue le double (environ) du MB, lorsqu'elle est maintenue pour de longues périodes, entraîne des effets physiologiques importants et, d) les réactions à la charge thermique provenant de champs pulsés semblent être identiques aux réactions à des champs d'ondes entretenues de puissance moyenne égale.

Les effets sur deux organes, l'oeil et la gonade, qui sont particulièrement sensibles à la chaleur, on fait l'objet d'études approfondies[5]. Le rayonnement micro-onde à des fréquences supérieures à 800 MHz peut blesser l'oeil. Le type de blessure

dépend de la fréquence; par exemple, les ondes millimétriques peuvent provoquer une kératite. Des cataractes apparaissent après une exposition suffisamment longue à des densités de puissance supérieures à 100 mW/cm^2. Les effets sur les testicules sont causés par des champs d'intensité élevée et des blessures thermiques.

Des études visant à découvrir les effets génétiques possibles des micro-ondes, ont été réalisées sur des bactéries, des mouches, diverses cellules végétales et animales, et des cultures de tissus. Ces études n'ont pas démontré de manière concluante ou systématique que les radiofréquences ou les micro-ondes peuvent provoquer une mutation dans les systèmes vivants, autrement que par réchauffement; on sait que le taux de mutations augmente avec l'augmentation de la température.

Les études portant sur les effets de l'exposition aux radiofréquences sur la tératogénèse des mammifères, indiquent qu'il y a un rapport de proportionnalité entre les effets et la dose absorbée. Seuls les champs intenses qui provoquent un réchauffement important sont liés de manière convaincante à la tératogénèse.

L'exposition à des champs magnétiques de niveau relativement faible (inférieur à 10 mW/cm^2) ne provoque pas de troubles cardio-vasculaires. Certaines réactions cardio-vasculaires peuvent être la conséquence des effets sur le système nerveux.

Les effets de l'exposition aux radiofréquences et aux micro-ondes sur le système nerveux central et sur le comportement ont été le sujet le plus controversé dans le domaine des effets biologiques du rayonnement micro-onde. En URSS et dans certains pays de l'Europe de l'Est, on a affirmé que l'exposition à un rayonnement de faible niveau (fréquemment désigné "athermique") provoquait des désordres neuraasthéniques réversibles[5,6]. Ces observations n'ont pas été confirmées par des chercheurs occidentaux. Il a été nettement démontré, toutefois, que l'exposition aux radiofréquences peut modifier le comportement animal; le seuil du TAS pour cet effet a été déterminé. Des études récentes sur la synergie

possible de l'exposition aux radiofréquences et de diverses drogues, ont créé une situation très floue, faisant ressortir une synergie pour certaines drogues, un effet d'atténuation pour d'autres ou encore en degré d'interdépendance nul.

La plupart des effets biologiques susmentionnés (sauf les cataractes) peuvent être provoqués chez les humains par une exposition à une fréquence de 27 MHz, lorsque le rayonnement est d'une intensité et d'une durée suffisantes.

Ces effets et nombre d'autres effets biologiques, ainsi que leur fondement biophysique, ont été pris en considération pour fixer les normes de protection[5,8,10]. L'analyse de la base de données et les critères scientifiques ayant servi à l'établissement de la recommandation canadienne, sont fournis ailleurs[5].

3. NIVEAUX D'EXPOSITION MAXIMAUX RECOMMANDÉS AU CANADA

Les dispositifs de diathermie à ondes courtes fonctionnent surtout à la fréquence de 27 MHz. Les niveaux maximaux recommandés par le Code de sécurité 6[4] pour "une exposition professionnelle" des travailleurs à ces fréquences dans les établissements fédéraux, sont les suivants :

(i) Pour une exposition de la totalité ou d'une partie du corps (y compris les extrémités : mains et bras, pieds et jambes), moyennée sur une période d'une minute :

intensité efficace du champ électrique	300 V/m
intensité efficace du champ magnétique	0,8 A/m
densité de puissance	25 mW/cm^2

(ii) Pour une exposition de la totalité ou d'une partie du corps excluant les extrémités, moyennée sur une période d'une heure :

intensité efficace du champ électrique	60 V/m
intensité efficace du champ magnétique	0,16 A/m
densité de puissance	1 mW/cm^2

(iii) Pour une exposition totale ou partielle du corps (extrémités exclues), pour des périodes d'une durée supérieure à une minute mais inférieure à une heure, le temps maximal t (en minutes), de l'exposition d'une personne à un champ, ne doit pas dépasser

$$t = 60/W,$$

où W (mW/cm^2) est la densité de puissance équivalente en ondes planes. La densité de puissance équivalente en ondes planes correspondant à l'intensité du champ électrique E (V/m) et l'intensité du champ magnétique H (A/m), est :

$$W = E^2/3770,$$
$$W = 37,7\ H^2$$

(iv) Pour l'exposition des extrémités, moyennée sur une période d'une heure :

intensité efficace du champ électrique	200 V/m
intensité efficace du champ magnétique	0,5 A/m
densité de puissance	10 mW/cm^2

(v) Pour l'exposition des extrémités pour des périodes d'une durée supérieure à une minute mais inférieure à une heure, le temps maximal t (en minutes) d'exposition des extrémités à un champ, ne doit pas dépasser

$$t = 600/W$$

où W (mW/cm^2) étant la densité de puissance équivalente en ondes planes.

4. CHAMPS RADIOFRÉQUENCE TYPES À PROXIMITÉ DES DISPOSITIFS DE DIATHERMIE

Il existe plusieurs types de dispositifs de diathermie à ondes courtes et l'avenir nous réserve probablement des conceptions plus diverses, mais certaines caractéristiques communes peuvent être mises en évidence. Un dispositif de diathermie comprend un applicateur, un générateur de radiofréquence et un pupitre de commande. L'applicateur, appelé également électrode, applique l'énergie radiofréquence à une certaine partie du corps d'un patient. Le générateur radiofréquence est normalement contenu dans le pupitre de commande, bien que dans certains appareils il soit incorporé à l'applicateur. La puissance radiofréquence est transmise du générateur à l,applicateur par l'entremise de deux câbles formant une ligne de transmission bifilaire non blindée.

On utilise deux principaux types d'électrodes (applicateurs), le type capacitif et le type inductif, tels qu'une bobine spirale ou diplode. leurs mécanismes et diagrammes de réchauffement diffèrent quelque peu[11] : pour les électrodes capacitives, le réchauffement des tissus est essentiellement dû au champ électrique radiofréquence tandis que pour les électrodes inductives (bobines), le réchauffement est le résultat de courants turbulents dans les tissus, provoqués par le champ magnétique (l'autre champ est également présent, mais à une intensité très inférieure).

Les champs parasites à proximité de l'applicateur, maix à l'extérieur de la zone de traitement, sont relativement puissants et très irréguliers[3,12]. Des champs d'intensité élevée sont également produits près des câbles. Le champ de rayonnement à proximité de l'applicateur pour la diathermie à ondes courtes est du type champ proche, de sorte que les intensités des champs électrique et magnétique n'ont pas un rapport constant de 377, comme c'est le cas dans le champ éloigné. Il n'y a pas de formule simple permettant de prédire l'intensité des champs parasites, mais l'intensité est proportionnelle à la puissance, si tous les autres paramètres, par exemple la position de l'électrode, sont identiques.

La gamme type des intensités des champs électrique et magnétique parasites autour des câbles de diathermie est illustrée dans la Figure 2.

L'intensité des champs autour des électrodes dépend du type et de la structure de l'électrode, du niveau de puissance, de la partie du patient qui est traitée et de la position de l'électrode au-dessus de la zone traitée. L'intensité diminue proportionnellement à l'augmentation de la distance entre la zone exposée et les électrodes. Les intensités sont toujours maximales dans le plan de l'applicateur et sont inférieures au-dessus et au-dessous de ce plan pour une distance donnée. Cependant, la configuration d'un champ parasite peut être troublée par la présence de gros objets métalliques, par exemple, un lit en métal. Dans la plupart des protocoles de traitement, pour des électrodes correctement situées, l'intensité des champs chute à un niveau inférieur à une densité de puissance équivalente de 1 mW/cm^2 à une distance inférieure à 1 m[3,12]. Un écart important fut observé pour la configuration de traitement illustrée dans la Figure 3, alors que des champs ayant une densité de puissance équivalente de 10 mW/cm^2 étaient présents jusqu'à 1 m des électrodes.

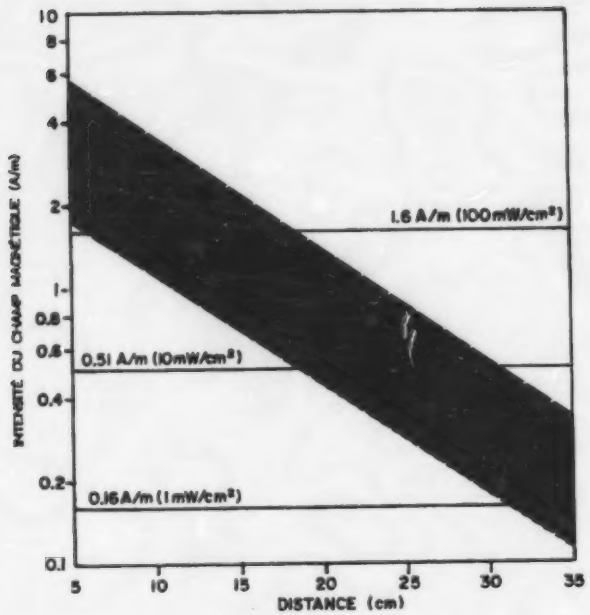

Figure 2a – La plage (zone ombrée) des intensités du champ magnétique autour des câbles d'un dispositif de diathermie à ondes courtes, pour divers types d'électrodes et des niveaux de puissance types.

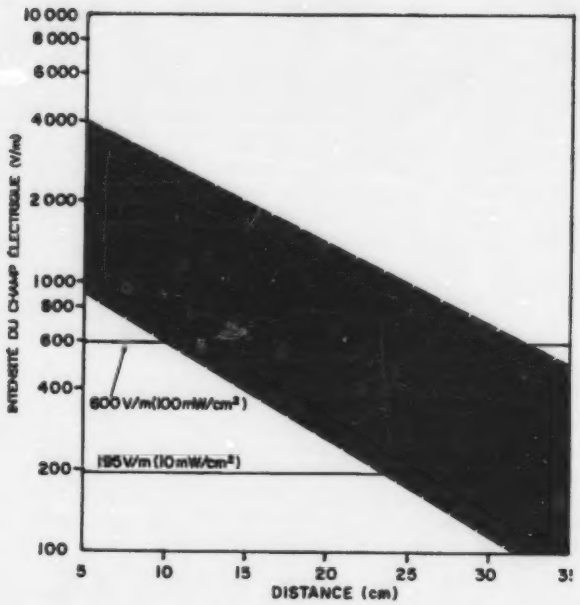

Figure 2b – La plage (zone ombrée) des intensités du champ électrique autour des câbles d'un dispositif de diathermie à ondes courtes, pour divers types d'électrodes et des niveaux de puissance types.

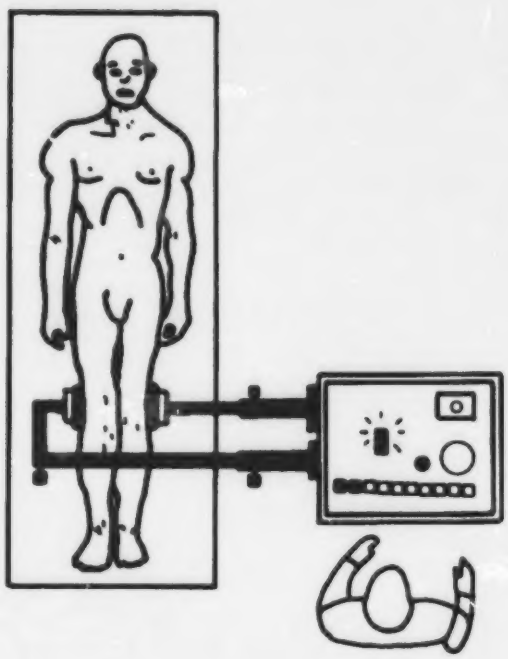

Figure 3 – Configuration de diathermie produisant des champs parasites d'intensité élevée.

5. DIRECTIVE DE SÉCURITÉ – LIMITATION DE L'EXPOSITION DES OPÉRATEURS

Les recommandations contenues ici ne visent que la sécurité liée à l'exposition aux radiofréquences provenant de dispositifs de diathermie à ondes courtes; elles ne contiennent pas de règles concernant la sécurité électrique. Elles visent à maintenir l'exposition de l'opérateur aux radiofréquences en deçà des limites recommandées au Canada.

5.1 Entretien du matériel

(a) Les dispositifs de diathermie à ondes courtes doivent être inspectés au moins une fois l'an pour assurer le bon fonctionnement de toutes les pièces. On veillera surtout à ce que les câbles et les électrodes ne soient ni fissurés ni brûlés, et que les charnières du support de l'applicateur (électrode) fonctionnent bien.

(b) Le fonctionnement des électrodes ne doit être contrôlé que lorsque ces électrodes sont placées au-dessus d'un fantôme de tissu comme un récipient de plastique contenant une solution physiologique. Les électrodes ne doivent être alimentées en courant que si elles sont correctement appliquées à un patient ou à un fantôme de tissu.

(c) Les directives du fabricant relatives au soin du matériel doivent être respectées, et chaque fois qu'il existe un doute sur le bon fonctionnement du dispositif, une personne compétente doit être convoquée sur les lieux pour mettre le dispositif à l'essai.

5.2 Utilisation du matériel

Les opérateurs de diapositifs de diathermie à ondes courtes doivent limiter leur exposition possible au rayonnement radiofréquence. Pour maintenir les expositions en deçà des recommandations du gouvernement fédéral :

(a) les dispositifs de diathermie à ondes courtes ne doivent être utilisés que pour les traitements prescrits par un médecin;

(b) les électrodes doivent être placées avec soin au-dessus de la zone de traitement. Le maintien d'une distance minimale entre les électrodes et le atient ou les serviettes contribue à limiter le rayonnement radiofréquence parasite;

(c) la puissance radiofréquence ne doit être fournie qu'une fois les électrodes en place;

(d) l'opérateur doit se tenir à au moins 1 mètre des électrodes et 0,5 mètre des câbles au cours du traitement; des excursions de courte durée à des distances plus proches des électrodes ou des câbles sont permises, mais seulement lorsque cela est nécessaire;

(e) les lits ou les chaises métalliques ne doivent pas être utilisés au cours des traitements de diathermie à ondes courtes; les autres objets métalliques de grande taille doivent être à au moins 3 mètres des électrodes et des câbles, lorsque le dispositif à ondes courtes fonctionne.

Il faut veiller à ce que le patient ne subisse pas une exposition inutile des tissus qui ne sont pas l'objet du traitement prescrit. Pour limiter cette exposition :

(a) l'applicateur doit être placé avec soin pour correspondre le plus exactement possible à la zone de traitement;

(b) les câbles de liaison de l'applicateur ne doivent pas être placés à proximité des tissus non visés par le traitement;

(c) un commutateur de sécurité à la portée du patient doit toujours être en service, de sorte que le patient puisse mettre fin au traitement;

(d) le patient doit enlever tous les objets métalliques sur sa personne.

Si le patient a des implants ou prothèses métalliques ou autres qui peuvent réagir à l'énergie radiofréquence, le médecin doit en être conscient avant de prescrire le traitement. À moins d'être

spécifiquement recommandé par le médecin du patient après examen des risques et des avantages, le traitement par diathermie à ondes courtes est contre-indiqué pour les patients qui ont des implants ou des prothèses internes;

(e) les patients munis de stimulateurs cardiaques ne doivent être traités que si cela est recommandé par leur médecin. L'opérateur du dispositif de diathermie doit rester dans la salle de traitement ou être en mesure d'observer le patient pendant toute la durée du traitement;

(g) aucune patiente enceinte ne doit subir de diathermie à ondes courtes sur une partie du corps qui peut entraîner l'exposition du foetus.

Pour éviter les risques d'incendie, les câbles et les électrodes doivent être placés loin de matières inflammables, parce que les champs radiofréquence parasites peuvent réchauffer les matières synthétiques comme le nylon, le chlorure de polyvinyle, le polyéthylène téréphtalate et les combinaisons de coton et de synthétiques. Des renseignements supplémentaires concernant les risques thermiques liés aux dispositifs de diathermie à ondes courtes, peuvent être obtenus du Bureau des instruments médicaux, Direction de l'hygiène du milieu, Direction générale de la protection de la santé, Ottawa (Ontario) K1A 0L2.

Les dispositifs de diathermie à ondes courtes ne doivent être manipulés que par une infirmière, un médecin ou un physiothérapeute compétents et formés spécialement pour l'utilisation de ces dispositifs.

6. MESURES DU RAYONNEMENT RADIOFRÉQUENCE

Le besoin de mesurer les champs radiofréquence parasites autour d'un dispositif de diathermie à ondes courtes peut se faire sentir lorsque de nouvelles électrodes ou même de nouveaux dispositifs entiers sont installés, surtout lorsque les appareils fonctionnent

à puissance élevée (au-delà de 500 W). Par exemple, un certain dispositif de diathermie radiofréquence, utilisé pour le traitement du cancer, fonctionne à de telles puissances, et certains applicateurs sont ainsi conçus afin que des champs parasites intenses puissent être produits à des distances importantes[13]. Dans de tels cas, une étude des radiofréquences doit être effectuée pour déterminer une distance de travail sécuritaire à l'opérateur.

Les recommandations générales suivantes concernant les études du rayonnement radiofréquence, doivent être respectées.

(a) L'électrode doit être placée au-dessus d'une région test d'un fantôme approprié (par exemple, un mannequin rempli d'une solution saline), ou d'un patient recevant un traitement prescrit.

(b) Si l'appareil comporte un indicateur de la puissance de sortie, un réglage donnant une faible puissance doit être utilisé et les résultats des mesures doivent être extrapolés pour les réglages donnant des puissances plus élevées, en supposant que la commande de puissance fonctionne de manière linéaire. Par exemple, si, pour le réglage donnant une puissance de 100 W, l'intensité du champ électrique à 1 mètre de l'applicateur est de 15 V/m, et que la puissance recommandée pour le traitement est de 400 W, alors l'intensité du champ électrique à 1 mètre sera de

$\sqrt{\frac{400}{100}}\ 15 = 30$ V/m (ce niveau doit être comparé avec l'exposition maximale recommandée de 60 V/m; dans ce cas, l'opérateur se trouve en deçà des limites de sécurité à une distance de 1 mètre de l'applicateur).

(c) Lorsqu'une étude des radiofréquences est effectuée, les champs électrique et magnétique doivent être mesurés et leur intensité doit être comparée à la norme.

(d) Des instruments ayant des éléments de détection isotropes doivent être utilisés pour les études des radiofréquences, puisque la direction du champ n'est pas connue. Voici quelques exemples d'instruments appropriés* : pour le champ électrique, Holaday, modèles HI3001, HI3002, HI3004, Narda, modèle 8609; pour le champ magnétique, Holaday, modèle HI-3002, Narda, modèles 8602, 8603, 8607 ou 8608 avec la sonde 8631 ou 8633, ou le modèle 8609.

(e) Les mesures doivent être faites dans le plan de l'applicateur et dans le plan des câbles.

* Cela ne constitue pas une recommandation ou un appui officiel des produits mentionnés.

RÉFÉRENCES

1. "Enquête nationale sur les dispositifs médicaux émettant un rayonnement non ionisant. Partie I. Dispositifs à ondes courtes et à micro-ondes". 1980, Direction de l'hygiène du milieu, Santé et Bien-être social Canada, Publication 80-DHM-52.

2. "Enquête nationale sur les dispositifs médicaux émettant un rayonnement non ionisant Partie II. Dispositifs à ultrasons". 1980, Direction de l'hygiène du milieu, Santé et Bien-être social Canada, Publication 80-DHM-53.

3. M.A. Stuchly, M.H. Repacholi, D.W. Lecuyer et R.D. Mann, 1982. "Exposure to the Operator and Patient during Short Wave Diathermy Treatments". Health Physics, 42, 341-366.

4. Code de sécurité 6 - "Procédures de sécurité recommandées pour l'installation et l'utilisation de dispositifs à radiofréquences et micro-ondes de la gamme 10 MHz-300 GHz". Santé et Bien-être social Canada, Publication 79-DHM-30.

5. "Les radiofréquences et la santé", Parties I et II", 1977, 1978, Direction de l'hygiène du milieu, Santé et Bien-être social Canada, Publication 77-DHM-13, et 78-DHM-22.

6. "Effets biologiques des radiofréquences et des micro-ondes", 1979, Publication No NRCC 16449 du Secrétariat de l'environnement, Conseil national de recherches Canada.

7. W.R. Adey, 1981. "Tissue Interactions with Nonionizing Electromagnetic Fields". physiol. Rev., 61, 435-513.

8. M.A. Stuchly, 1982. "Medical Use of Non-Ionizing Electromagnetic Waves in Radio and Hyperfrequency Range: Hazards and Standards", dans Biomedical Thermology, M. Gauthene et E. Albert, éds., Alan R. Liss, Inc., 851-865.

9. S.M. Michaelson, 1980. "Microwave Biological Effects: An Overview", proc. IEEE, 68, 40-49.

10. R.A. Tell et F. Harlen, 1979, "A Preview of Selected Biological Effects and Dosimetric Data Useful for Development of Radiofrequency Safety Standards for Human Exposure". J. Microwave Power, 14, 405-424.

11. A.W. Guy, J.F. Lehmann et J.B. Stonebridge, 1974, "Therapeutic Applications of Electromagnetic Power", Proc. IEEE, 62, 55-75.

12. P.S. Ruggera, 1980. "Measurements of Emission Levels During Microwave and Short-wave Diathermy Treatments", U.S. Dept. of Health and Human Services Publication (FDA) 80-8119.

13. M.A. Stuchly, M.H. Repacholi et D.W. Lecuyer, 1983. "Operator Exposure to Radiofrequency Fields near a Hyperthermia Device". Health Physics, 43.